



12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 82102719.0

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **C 23 C 15/00**  
// H01L21/203

22 Anmeldetag: 31.03.82

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.10.83  
Patentblatt 83/40

71 Anmelder: **IBM DEUTSCHLAND GMBH,**  
Pascalstrasse 100, D-7000 Stuttgart 80 (DE)  
84 Benannte Vertragsstaaten: DE

71 Anmelder: **International Business Machines Corporation,**  
Old Orchard Road, Armonk, N.Y. 10504 (US)  
84 Benannte Vertragsstaaten: FR GB IT

72 Erfinder: **Brandels, Christine, Ing. grad.,** Wolfstrasse 30,  
D-7032 Sindelfingen (DE)  
Erfinder: **Kempf, Jürgen, Dr., Dipl.-Phys.,** Friesenweg 9,  
D-7036 Schönaich (DE)  
Erfinder: **Kraus, Georg, Im Heintal 70,**  
D-7277 Wildberg 4 (DE)  
Erfinder: **Künzel, Ulrich, Dr., Dipl.-Chem.,**  
August-Lämmie-Strasse 8, D-7404 Kusterdingen (DE)

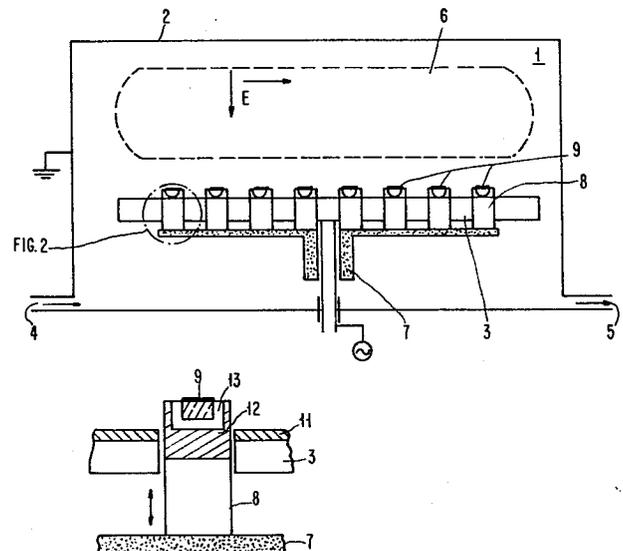
84 Benannte Vertragsstaaten: DE FR GB IT

74 Vertreter: **Oechssler, Dietrich Dr. rer. nat.,** Schönaicher  
Strasse 220, D-7030 Böblingen (DE)

54 **Reaktor für das reaktive Ionenätzen und Ätzverfahren.**

57 Der Reaktor weist eine plattenförmige, horizontal angeordnete und an einer Wechselspannung liegende Kathode (3) in einem geerdeten Gehäuse (2) und Gaseinlaß- und Gasauslaßleitungen auf. Die Kathode (3) ist mit Mittel versehen, um lokale, auf den Bereich der einzelnen Substrate (9) beschränkte Magnetfelder zu erzeugen. Die Kathode (3) kann außerdem Löcher aufweisen, in welchen senkrecht zur Substratoberfläche verschiebbare Substrathalter (8) angeordnet sind.

Die Substrate (9) werden in den Reaktor mittels des Plasmas (6), welches aus mindestens einem reaktiven Gas erzeugt wird, geätzt. Dabei ist jedes Substrat (9) mindestens einem lokalen Magnetfeld ausgesetzt. Soll ein überwiegend chemisch ätzbares Material in Gegenwart eines überwiegend physikalisch ätzbaren Materials wesentlich stärker als das letztere geätzt werden, so läßt sich ein dafür günstiges Ätzgeschwindigkeitsverhältnis einstellen, indem die Substrate (9) zusätzlich über die Kathodenoberfläche angehoben werden.



**EP 0 090 067 A1**

Reaktor für das reaktive Ionenätzen und Ätzverfahren

Die Erfindung betrifft einen Reaktor zum reaktiven Ionenätzen mit einer Reaktionskammer, welche von einem geerdeten und mindestens einen Gaseinlaß und einen Gasauslaß aufweisenden Gehäuse umgeben ist und in welcher  
5 eine plattenförmige Kathode horizontal angeordnet ist, über welcher sich der Raum befindet, in welchem das Plasma aufrechterhalten wird und auf welcher die Substrate liegen, und ein Verfahren zum Ätzen von Substraten unter Verwendung eines solchen Reaktors, bei dem  
10 die Substrate den in einem aus einem reaktiven Gas erzeugten Plasma hergestellten ionisierten Teilchen ausgesetzt sind.

Ein solcher Reaktor und ein solches Verfahren sind beispielsweise in dem US-Patent 3 994 793 beschrieben. Einen Artikel, welcher sich mit der Kinetik des reaktiven Ionenätzens befaßt, haben J. L. Mauer und J. S. Logan unter dem Titel "Reactant supply in reactive ion etching" in dem Journal of Vac. Sci. Technol. 16(2), März/  
20 April 1979, S. 404 ff. veröffentlicht.

Der oben definierte Reaktor für das reaktive Ionenätzen ist zum Ätzen von flachen Substraten, wie z. B. Halbleiterplättchen, geeignet. In dem Reaktor bildet  
25 das Gehäuse die Anode, und zwischen Anode und Kathode wird während des Ätzens ein aus den in den Reaktor eingeleiteten reaktiven Gasen erzeugtes Plasma aufrechterhalten. Es ist zwar auch möglich, daß als Anode eine mit dem Gehäuse leitend verbundene und parallel zu der  
30 Kathode angeordnete Platte verwendet wird, jedoch ist, wenn das Gehäuse als Anode verwendet wird, die Anodenfläche größer als die Kathodenfläche. Dies ist ein Vorteil, weil je größer das Flächenverhältnis von Anode zu

Kathode ist, desto größer der Spannungsabfall an der Kathode ist, und ein großer Spannungsabfall an der Kathode bedeutet eine hohe kinetische Energie der auf der Kathode - bzw. auf den auf der Kathode liegenden Substraten - auftreffenden ionisierten Teilchen. Beim reaktiven Ionenätzen, welches bevorzugt dann angewandt wird, wenn Löcher mit exakt vertikalen Wänden geätzt werden sollen, sind neben einer großen mittleren freien Weglänge der ionisierten Teilchen, was durch einen entsprechend kleinen Druck in der Reaktionskammer erreicht wird, ionisierte Teilchen mit einer hohen kinetischen Energie wünschenswert. Beim reaktiven Ionenätzen erfolgt der Abtrag einerseits physikalisch, d.h. aufgrund der kinetischen Energie der auftreffenden ionisierten Teilchen und andererseits chemisch, d.h. aufgrund einer Reaktion der im Plasma gebildeten ionisierten Teilchen mit dem zu ätzenden Material (ioneninduziertes chemisches Ätzen). Je nachdem, welcher der beiden Vorgänge geschwindigkeitsbestimmend beim Abtrag eines bestimmten Materials ist, spricht man von einem überwiegend physikalisch oder einem überwiegend chemisch ätzbaren Material. Silicium beispielsweise ist ein Material, welches in einer Chlor und Helium enthaltenden Atmosphäre ein überwiegend chemisch ätzbares Material ist. Wird Silicium oder beispielsweise ein Siliciumplättchen im Reaktor für das reaktive Ionenätzen einer Chlor und Helium enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt, wobei aus dem reaktiven Gas ein Plasma erzeugt wird, so bildet sich an der Siliciumoberfläche ein  $\text{SiCl}_2$ -Film. Die  $\text{SiCl}_2$ -Radikale werden physikalisch entfernt aufgrund der zerstäubenden Wirkung der auftreffenden ionisierten Teilchen. Die  $\text{SiCl}_2$ -Radikale reagieren im Plasma zu  $\text{SiCl}_4$  und werden abgepumpt. Die Ätzung erfolgt streng anisotrop, d.h. genau senkrecht zur zu ätzenden Ober-

fläche. Im Gegensatz dazu wird beispielsweise  $\text{SiO}_2$  unter diesen Bedingungen überwiegend physikalisch geätzt (Kathodenzerstäubungsätzen).

5 Das reaktive Ionenätzen ist nicht nur vorteilhaft, weil es eine streng anisotrope Ätzung ermöglicht, sondern auch - dieser Vorteil gilt insbesondere gegenüber dem naßchemischen Ätzen - weil bei seiner Anwendung die Verunreinigung der zu ätzenden Teile vernachlässigbar  
10 gering ist. Ein Problem beim reaktiven Ionenätzen ist die relativ geringe Geschwindigkeit, mit der die Abtragung erfolgt (hohe Strahlenbelastung, lange Prozeßzeiten), weshalb Verbesserungen des Verfahrens in dieser Hinsicht sehr wünschenswert sind.

15

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Reaktor zum reaktiven Ionenätzen und ein Verfahren zum Ätzen unter Verwendung eines solchen Reaktors anzugeben, um eine höhere Ätzgeschwindigkeit als beim Stand der Technik  
20 zu erreichen, ohne daß dabei die Qualität der Ätzung geringer wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Reaktor der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils  
25 des Patentanspruchs 1 und mit einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 6 gelöst.

Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Reaktors läßt sich  
30 eine höhere Ätzgeschwindigkeit erreichen als dies beim Stand der Technik möglich war. Die Gleichmäßigkeit der Ätzung ist genauso gut wie bei der Anwendung der bekannten Verfahren unter Verwendung der bekannten Reaktoren. Die Feldlinien der auf die Substrate wirkenden  
35 Magnetfelder können senkrecht und/oder parallel zu den

Substratoberflächen verlaufen. Magnetfelder, deren magnetische Induktion in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-2}$  T liegt, erhöhen die Ätzgeschwindigkeit der überwiegend chemisch ätzbaren Materialien etwa um den Faktor 1,2.

5 Die überwiegend physikalisch ätzbaren Materialien werden, wenn die Feldlinien parallel zur Substratoberfläche verlaufen, auch etwa um den Faktor 1,2 und wenn die Feldlinien senkrecht zur Substratoberfläche verlaufen etwa um den Faktor 2 schneller geätzt. Das Magnetfeld

10 mit den zur Substratoberfläche parallelen Feldlinien bewirkt eine Änderung des Einfallwinkels und der Bahnform (Zyklotron-Effekt) der Ionen und Elektronen des Plasmas. Dabei erhöht sich die Wahrscheinlichkeit der Ionisierung der Teilchen und ihre kinetische Energie.

15 Durch eine Variation des Magnetfelds wird die effektive Ätzwirkung lokal steuerbar. Durch das Magnetfeld, dessen Feldlinien senkrecht zur Substratoberfläche verlaufen, läßt sich die Dichte der einfallenden geladenen Teilchen am Ort des Substrats erhöhen (Plasmapinch-

20 Effekt).

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es bei Verwendung des erfindungsgemäßen Reaktors - wie gesagt - möglich, das makroskopische, durch Druck, Gasfluß und HF-Leistung bestimmte Brennverhalten des Plasmas vom lokalen

25 Ätzverhalten am Ort der Substrate zu entkoppeln. Das heißt mit anderen Worten, daß das Plasma überwiegend nur als Quelle der reaktiven Teilchen dient, während die Steuerung des Ätzvorgangs erfindungsgemäß direkt

30 am Ort der Substrate erfolgt.

Es ist vorteilhaft, wenn der erfindungsgemäße Reaktor so ausgestattet ist, daß jedes Substrat auf einem elektrisch von der Kathode isolierten Substrathalter liegt

35 und jeder Substrathalter in je einem durchgehenden Loch

in der Kathode angeordnet ist und senkrecht zur Kathodenoberfläche verschoben werden kann und daß die Mittel zum Erzeugen der Magnetfelder in den Substrathaltern untergebracht sind. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors ist insbesondere dann vorteilhaft einsetzbar, wenn ein überwiegend chemisch ätzbares Material in Gegenwart eines überwiegend physikalisch ätzbaren Materials wesentlich stärker als das letztere geätzt werden soll. Dabei wird in vorteilhafter Weise so vorgegangen, daß die zu ätzenden Substrate über die Ebene der Kathodenoberfläche angehoben werden. Über dieses Anheben der Substrate läßt sich die kinetische Energie der auf dem Substrat ankommenden Ionen und Elektronen beeinflussen. Werden die Substrate beispielsweise so hoch angehoben, daß sie sich oberhalb des Dunkelraums über der Kathodenoberfläche befinden, so erniedrigt sich, wenn man unter denselben Bedingungen wie beim reaktiven Ionenätzen gemäß dem Stand der Technik, d.h. ohne die Anlegung eines lokalen Magnetfeldes, arbeitet, die Ätzgeschwindigkeit ganz drastisch, da die Teilchen, bevor sie auf den Substraten auftreffen, nur noch eine sehr geringe Spannungsdifferenz durchlaufen und deshalb eine entsprechend niedrige kinetische Energie aufweisen. Werden jedoch die Substrate erfindungsgemäß zusätzlich einem lokalen Magnetfeld unterworfen, so läßt sich die durch die Anhebung verursachte Verminderung der Ätzgeschwindigkeit bei den überwiegend chemisch ätzbaren Materialien praktisch wieder vollständig rückgängig machen, jedoch bei den überwiegend physikalisch ätzbaren Materialien nur auf einen Wert anheben, welcher um den Faktor 3 bis 4 kleiner ist als die Ätzgeschwindigkeit dieser Materialien wenn die Substrate nicht angehoben werden. Dieser durch das Zusammenwirken der Anhebung und der Anlegung des Magnetfelds erzielte Effekt bringt genau das er-

wünschte Ergebnis, daß nämlich das überwiegend chemisch  
ätzbare Material wesentlich stärker geätzt wird als das  
überwiegend physikalisch ätzbare Material. Bei dieser  
Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors und des  
5 erfindungsgemäßen Ätzverfahrens wird eine Besonderheit  
der bekannten Reaktoren für das reaktive Ionenätzen um-  
gangen, die darin besteht, daß die zerstäubende und die  
chemische Wirkung beim reaktiven Ionenätzen über den  
Brennzustand des Plasmas miteinander gekoppelt sind.  
10 Bei den bekannten Reaktoren kann weder die eine noch  
die andere Wirkung beeinflußt werden, ohne daß sich da-  
bei auch gleichzeitig die andere Wirkung verändert.

Andere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsge-  
15 mäßigen Reaktors und des erfindungsgemäßen Verfahrens  
sind in den Unteransprüchen definiert.

Die Erfindung wird anhand von durch Zeichnungen erläu-  
terten Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

20

Fig. 1            einen schematischen Querschnitt durch  
eine Ausführungsform der erfindungsge-  
mäßigen Anordnung und

25

Fig. 2            den in der Fig. 1 mit einem Kreis ein-  
gerahmten Ausschnitt in vergrößerter  
Darstellung.

Im Unterschied zu den bekannten Reaktoren zum reaktiven  
30 Ionenätzen sind bei dem erfindungsgemäßen Reaktor Mit-  
tel vorgesehen, welche es ermöglichen, daß jedes zu  
ätzende Substrat Magnetfeldern ausgesetzt werden kann,  
welche auf den Bereich des jeweiligen Substrats be-  
schränkt sind und deren Feldlinien senkrecht und/oder  
35 parallel zu den Feldlinien des zwischen Kathode und

Anode vorhandenen elektrischen Feldes verlaufen. Die Größe der genannten Mittel sind dabei so dimensioniert, daß alle magnetischen Feldlinien im Bereich der Substratoberfläche entweder parallel oder senkrecht zur Substratoberfläche verlaufen. Die Magnetfelder senkrecht zum elektrischen Feld werden beispielsweise mittels eines Permanentmagneten oder mittels einer Spule und die Magnetfelder parallel zum elektrischen Feld beispielsweise mittels einer Spule erzeugt werden. Die genannten Mittel zur Erzeugung der Magnetfelder sind unterhalb der Substrate angeordnet.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors, welcher noch ein zusätzliches Merkmal aufweist, soll nun anhand der Fig. 1 und 2 besprochen werden.

Die Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch die Reaktionskammer 1 des Reaktors. Die Reaktionskammer 1 umgibt das Gehäuse 2, welches an Masse liegt. In der Reaktionskammer 1 befindet sich eine plattenförmige, horizontal angeordnete Kathode 3, welche an einer hochfrequenten Wechselspannung liegt. Das Gehäuse 2 dient als Anode des Reaktors. Es ist jedoch auch möglich, eine parallel zur Kathode innerhalb der Reaktionskammer 1 angeordnete und an Masse oder an einem einstellbaren Potential liegende Platte als Gegenelektrode zu verwenden. Die Reaktionskammer 1 hat mindestens einen Gaseinlaß 4 und einen Gasauslaß 5, durch welchen die Gase in der Reaktionskammer 1 mittels einer (nicht gezeigten) Vakuumpumpe abgesaugt werden. Der Raum, in welchem beim Betrieb des Reaktors das Plasma 6 erzeugt wird, befindet sich zwischen der Kathode und dem oberen, horizontal liegenden Teil des Gehäuses 2 bzw. der Anodenplatte. Mit den Bezugszeichen 7 und 8 sind in der Fig. 1 zwei Teile bezeichnet, welche für eine spezielle Ausführungsform des

erfindungsgemäßen Reaktors charakteristisch sind. Mit dem Bezugszeichen 7 ist eine Hebevorrichtung bezeichnet, mit welcher mit dem Bezugszeichen 8 bezeichnete Substrathalter 8, welche in durchgehenden Löchern in der Kathode 3 angeordnet sind, auf und ab bewegt werden können. Auf den Substrathaltern 8 liegen die Substrate 9, welche mittels der Hebevorrichtung 7 von der Kathodenoberfläche in Richtung der Anode angehoben werden können. Die Substrathalter liegen auf einem gleitenden Potential.

Die Fig. 2 zeigt den in der Fig. 1 eingekreisten Bereich in vergrößerter Darstellung. Die Fig. 2 zeigt einen Bereich der Kathode 3 mit einem Loch, in welchem sich ein Substrathalter 8 befindet, welcher auf der Hebevorrichtung 7 aufsteht. Die Oberfläche der Kathode 3 ist mit einer bevorzugt mehrere Millimeter dicken Schicht aus einem dielektrischen Material, bei welchem es sich bevorzugt um Quarz handelt, bedeckt. Auch der Oberteil 12 des Substralthalters 8 besteht aus einem dielektrischen Material, wobei es sich auch bevorzugt um Quarz handelt. In das Oberteil 12 des Substralthalters 8 sind die Mittel zum Erzeugen des Magnetfelds bzw. der Magnetfelder eingelassen. In der Fig. 2 ist als Beispiel der genannten Mittel ein Permanentmagnet in das Oberteil 12 eingesetzt, welcher ein Magnetfeld erzeugt, dessen Feldlinien im Bereich des auf dem Oberteil 12 aufliegenden Substrat 9 parallel zur Kathodenoberfläche verlaufen. Statt des Permanentmagneten 13 kann im Oberteil 12 auch eine Spule, deren Achse parallel zur Kathodenoberfläche liegt, eingebaut sein. Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Reaktors können so ausgestattet sein, daß im Oberteil 12 zur Erzeugung eines Magnetfeldes, dessen Feldlinien senkrecht zur Kathodenoberfläche verlaufen, eine Spule, deren Achse

senkrecht zur Kathodenoberfläche ausgerichtet ist oder auch zwei Spulen, von denen die eine ein Magnetfeld mit zur Kathodenoberfläche parallelen Feldlinien und die andere ein Magnetfeld mit zur Kathodenoberfläche senkrecht verlaufenden Feldlinien erzeugen, eingebaut sind. Bei der zuletzt genannten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors kann auch die eine der Spulen durch einen Permanentmagneten ersetzt sein.

10 Von den bekannten Ätzverfahren mittels reaktiver Ionen unterscheidet sich das erfindungsgemäße Verfahren durch die Anwendung lokaler magnetischer Felder am Ort der zu ätzenden Substrate. Wird ein Magnetfeld, dessen Feldlinien parallel zur Kathodenoberfläche verlaufen, mit einer magnetischen Induktion in der Größenordnung von 15  $5 \times 10^{-2}$  T bei sonst gleichen Parametern (Gasfluß, elektrische Leistung, Druck in der Reaktionskammer, Substrattemperatur und Dauer der Ätzung), wie bei den bekannten Verfahren, so erhält man eine etwa gleich 20 große Erhöhung der Ätzgeschwindigkeit, sowohl bei Materialien, welche bevorzugt physikalisch als auch bei Materialien, welche bevorzugt chemisch geätzt werden. Wird ein Magnetfeld angelegt, dessen Feldlinien parallel zu den Feldlinien des elektrischen Feldes verlaufen 25 und dessen magnetische Induktion auch in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-2}$  T liegt, so liegt, wenn die übrigen Parameter gleich gewählt werden wie bei den bekannten Verfahren, auch hier die Ätzgeschwindigkeit höher als bei den bekannten Verfahren. Die relative Erhöhung der 30 Ätzgeschwindigkeit ist dabei bei den überwiegend chemisch ätzbaren Materialien kleiner als bei den überwiegend physikalisch ätzbaren Materialien. Werden die Substrate zwei Magnetfeldern gleichzeitig ausgesetzt, deren Feldlinien parallel bzw. senkrecht zum elektrischen 35 Feld verlaufen, und welche beide eine magnetische In-

duktion in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-2}$  T haben, so läßt sich auch damit eine Erhöhung der Ätzgeschwindigkeit gegenüber den bei den bekannten Verfahren bei sonst gleichen Bedingungen erzielten Geschwindigkeit erzielen. Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Ätzgeschwindigkeiten der überwiegend physikalisch ätzbaren und die der überwiegend chemisch ätzbaren Materialien erhöht.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren unter Verwendung des in den Fig. 1 und 2 gezeigten Reaktors wird vor allem angewandt, wenn ein Material, welches überwiegend physikalisch geätzt wird, in Gegenwart eines anderen, welches überwiegend chemisch geätzt wird, bevorzugt geätzt werden soll. Dieser Fall ist beispielsweise dann bedeutungsvoll, wenn beim selektiven Ätzen des überwiegend physikalisch ätzbaren Materials eine Maske verwendet wird, welche aus dem überwiegend physikalisch zu ätzenden Material besteht, oder wenn eine sehr dünne Schicht aus dem überwiegend physikalisch ätzbaren Material nicht angegriffen werden soll, wenn ein darüber liegendes, überwiegend physikalisch ätzbares Material geätzt werden soll. Ein Beispiel für den letztgenannten Fall liegt z. B. dann vor, wenn bei der Herstellung eines Feldeffekttransistors, welcher eine Gateoxidschicht aus Siliciumdioxid und ein Polysiliciumgate aufweist, das Gate mittels reaktiven Ionenätzens in einer Chlor und Helium enthaltenden Atmosphäre, in welcher Silicium überwiegend chemisch und Siliciumdioxid überwiegend physikalisch ätzbar sind, die Gatestruktur geätzt werden soll, ohne daß dabei die Gateoxidschicht beachtlich angegriffen werden darf. Was bei diesen Verfahren, also besonders wichtig ist, ist ein großes Verhältnis der Geschwindigkeiten, mit der einerseits das chemisch zu ätzende und andererseits das physikalisch zu ätzende

Material geätzt werden. Außerdem ist wichtig, daß das  
überwiegend chemisch ätzbare Material mit in einer fa-  
brikmäßigen Fertigung ausreichender Geschwindigkeit ge-  
ätzt wird, und daß die Ätzung gleichmäßig erfolgt. Zur  
5 genaueren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens  
unter Verwendung des in den Fig. 1 und 2 gezeigten  
Reaktors wird im folgenden die Ätzung der Materialkom-  
bination Silicium/Siliciumdioxid in einer Chlor und He-  
lium enthaltenden Atmosphäre beschrieben. Es sei jedoch  
10 klargestellt, daß das erfindungsgemäße Verfahren sich  
auch vorteilhaft auf andere Materialkombinationen über-  
tragen läßt, wobei die Auswahl des richtigen Ätzgases  
bzw. der richtigen Ätzelektrolyten im Rahmen des fachmännischen  
Handelns liegt. Das Ätzgeschwindigkeitenverhältnis beim  
15 Ätzen von Silicium und Siliciumdioxid liegt bei Verwen-  
dung eines konventionellen Reaktors für das reaktive  
Ionenätzen bei 10 bis 15. Werden nun die Substrate bei  
sonst gleichen Bedingungen erfindungsgemäß zusätzlich  
einem lokalen Magnetfeld bzw. lokalen Magnetfeldern  
20 ausgesetzt, so erhöht sich, wie bereits oben ausgeführt  
worden ist, die Ätzgeschwindigkeit sowohl des überwie-  
gend chemisch ätzbaren Materials, d.h. des Siliciums,  
als auch des überwiegend physikalisch ätzbaren Mate-  
rials, d.h. des Siliciumdioxids, um größenordnungsmäßig  
25 10 bis 20%. Werden die Substrate unter denselben Bedin-  
gungen wie bei den bekannten Verfahren, d.h. ohne die  
Anwendung lokaler magnetischer Felder prozessiert, je-  
doch zusätzlich - bei einem Abstand zwischen Kathode  
und Anode von ungefähr 8 cm - mittels der Hebevorrich-  
30 tung 8 ungefähr 20 mm über die Kathodenoberfläche ange-  
hoben, so stellt man eine sehr starke Reduzierung der  
Ätzgeschwindigkeiten sowohl von Silicium als auch von  
Siliciumdioxid fest. Durch die Anlegung lokaler Magnet-  
felder, und zwar unabhängig davon, ob die magnetischen  
35 Feldlinien senkrecht, parallel oder sowohl parallel als

auch senkrecht zu den elektrischen Feldlinien verlaufen, erhält man wieder eine Erhöhung der Ätzgeschwindigkeiten, und zwar ist es so, daß die Ätzgeschwindigkeit des Siliciums durch ein Magnetfeld, dessen magnetische Induktion in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-2}$  T  
5 liegt, wieder auf Werte angehoben werden kann, welche nur unwesentlich unter denen liegen, welche bei Anwendung der konventionellen Verfahren, d.h. ohne die Anwendung lokaler Magnetfelder und ohne die Anhebung der  
10 Substrate über die Kathodenoberfläche erzielt worden sind. Anders beim Siliciumdioxid, dessen Ätzgeschwindigkeit durch die lokalen Magnetfelder von dem niedrigen, in der angehobenen Stellung, aber ohne angelegtes Magnetfeld gemessenen Wert nur auf einen Wert erhöht  
15 werden kann, welcher um den Faktor 3 bis 4 kleiner liegt als bei den bekannten Verfahren. Dieses Ergebnis ist sehr vorteilhaft, weil damit ein Verhältnis der Ätzgeschwindigkeiten von Silicium und Siliciumdioxid erzielt wird, welches zwischen 40 und 50 liegt, ohne  
20 daß dabei eine geringere Ätzgeschwindigkeit beim Silicium und eine Einbuße an Homogenität in Kauf genommen werden muß. Als Folge dieses Ergebnisses ist es möglich, Maskierungsschichten aus Siliciumdioxid beim Ätzen von Silicium wesentlich dünner zu machen, was sich in vorteilhafter Weise so auswirkt, daß man Musterelemente  
25 mit größerer Mustertreue in die Siliciumdioxidmaske übertragen kann, und außerdem wird die Gefahr, daß Gateoxidschichten beim Strukturieren von Polysilicium-gates beachtlich angegriffen werden, auf ein Minimum  
30 reduziert.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße unter Verwendung des in den Fig. 1 und 2 gezeigten Reaktors durchgeführte Verfahren anhand von neun Beispielen näher erläutert,  
35 bei welchen das erfindungsgemäße Verfahren auf mit ei-

ner Siliciumdioxidschicht selektiv maskierten Siliciumwafern angewandt wird. Bei allen neun Beispielen waren die folgenden Verfahrensparameter dieselben:

- 5 Helium-Chlorgemisch mit 50 ml Helium und  
5 ml Chlor/min.; \*)  
Leistung 1000 Watt;  
Druck ungefähr 1,3  $\mu$ bar;  
Zeit 100 Minuten;
- 10 Substrattemperatur: ungefähr Raumtemperatur;  
Elektrodenabstand ca. 8 cm.

\*) unter Standardbedingungen

15

Diejenigen Parameter, welche sich bei den neun Beispielen unterscheiden, sowie die erzielten Ätzgeschwindigkeiten bzw. die erzielten Ätzgeschwindigkeitsverhältnisse sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Nr.	Substratabstand zur Kathodenoberfläche [nm]	Magnetfeld $\vec{H}$ ( zum $\vec{E}$ )	Ätzgeschwindigkeit [nm/Min.]	Ätzgeschwindigkeit		Ätzgeschwindigkeitsverhältnis Si : SiO <sub>2</sub>
				Si	SiO <sub>2</sub>	
1	0	-	50	3,5		10 - 15
2	8	-	52	*		
3	20	-	1	-2,6/-3,2		
4	0	+	58	4		14,5
5	8	+	*	1,0		
6	20	+	43	-1,2		40 - 50
7	0	-	65	7		8 - 10
8	8	-	61	6		8 - 10
9	20	-	47	1,3		36

\*) kein Meßwert ermittelt

Die abgetragenen Silicium- und Siliciumdioxid-Schichtdicken wurden interferometrisch bzw. mittels eines mechanisch arbeitenden Stufenmeßgeräts ermittelt und daraus die Ätzgeschwindigkeiten bestimmt. Es wurde außerdem festgestellt, daß die Gleichmäßigkeit der Ätzung  
5 gleich gut war wie bei der Anwendung der bekannten Verfahren unter Verwendung bekannter Reaktoren für das reaktive Ionenätzen. Die Ergebnisse in der Tabelle zeigen, daß ein Anheben der Substrate um etwa 8 mm einen  
10 geringen, die Anhebung um 20 mm jedoch einen sehr beachtlichen Effekt hat. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei einer Anhebung um 20 mm die Substrate sich bereits oberhalb des Dunkelraums befinden. Im Dunkelraum findet ein großer Spannungsabfall statt, welcher den in Richtung der Kathode liegenden ionisierten  
15 Teilchen eine große kinetische Energie vermittelt. Substrate, welche sich oberhalb des Dunkelraums befinden, sind deshalb Teilchen mit einer wesentlich geringeren kinetischen Energie ausgesetzt als Substrate, welche  
20 direkt auf der Kathode aufliegen oder nur wenige mm aus der Ebene der Kathodenoberfläche herausgehoben sind. Die geringe kinetische Energie der ionisierten Teilchen und auch die geringere Elektronendichte oberhalb des Dunkelraums bewirkt offensichtlich beim Beispiel 3 die  
25 festgestellte geringe Ätzgeschwindigkeit des Siliciums und die Überkompensation des Ätzens durch eine Wiederabscheidung schon entfernter Teilchen beim Siliciumdioxid. Die Tabelle (siehe Beispiele 6 und 9) zeigt aber auch, daß lokale magnetische Felder mit magnetischen  
30 Feldlinien, welche parallel oder senkrecht zu den elektrischen Feldlinien verlaufen, deren magnetische Induktion in der Größenordnung von  $5 \times 10^{-2}$  T liegt, die Geschwindigkeit, mit welcher das Silicium geätzt wird, wieder auf einen Wert anhebt, welcher nur wenig unter  
35 dem liegt, welcher an direkt auf der Kathodenoberflä-

che liegenden, keinem magnetischen Feld ausgesetzten Substraten gemessen worden ist. Nicht so stark wirken sich aber - wie die Beispiele 6 und 9 auch zeigen - die Magnetfelder auf die Geschwindigkeit, mit welcher das

5 überwiegend physikalisch ätzbare Siliciumdioxid geätzt wird, aus, was zu dem erwünschten Ergebnis führt, daß das Silicium 40 bis 50 mal schneller geätzt wird als das Siliciumdioxid. Die anderen Ergebnisse in der Ta-

10 belle (siehe Beispiele 4, 5, 7 und 8) bestätigen die weiter oben diskutierten Wirkungen der lokalen Magnetfelder auf die Substrate, auch in den Fällen, in welchen die Substrate nicht aus der Ebene der Kathode herausgehoben werden.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Reaktor zum reaktiven Ionenätzen mit einer Reaktionskammer (1), welche von einem geerdeten und mindestens einen Gaseinlaß und einen Gasauslaß aufweisenden Gehäuse (2) umgeben ist, in welchem  
5 eine plattenförmige, an einer hochfrequenten Wechselspannung liegende Kathode (3), über welcher sich der Raum befindet, in welchem das Plasma (6) aufrechterhalten wird und auf welcher die Substrate (9) liegen, und gegebenenfalls eine - der Kathode (3) gegenüber - an einem einstellbaren Potential liegende Gegenelektrode horizontal angeordnet  
10 sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich unter jedem Substrat (9) Mittel befinden, um mindestens ein auf dem Bereich des jeweiligen Substrats (9) beschränktes Magnetfeld zu erzeugen.  
15
2. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (3) Löcher aufweist, in welchen  
20 senkrecht zur Substratoberfläche verschiebbare, von der Kathode (3) elektrisch isolierte Substrathalter (8) für je ein Substrat (9) angeordnet sind und daß die Mittel zum Erzeugen der Magnetfelder in den Substrathaltern (8) untergebracht sind.  
25
3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Erzeugen der Magnetfelder so  
30 angeordnet und so in Bezug auf die Größe der Substrate (9) dimensioniert sind, daß die auf die Substrate (9) einwirkenden magnetischen Feldlinien senkrecht und/oder parallel zur Substratoberfläche verlaufen.

4. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Hebevorrichtung (7) vorhanden ist, die  
alle Substrathalter (8) gemeinsam anheben kann.
- 5
5. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Kathode (3) mit einer Quarzplatte (11) ab-  
gedeckt ist und das Oberteil (12) der Substrathal-  
ter (8) aus Quarz besteht.
- 10
6. Verfahren zum Ätzen von Substraten (9) unter Ver-  
wendung eines Reaktors nach einem der Ansprüche 1  
bis 5, bei dem die Substrate (9) den in einem aus  
einem reaktiven Gas erzeugten Plasma hergestellten  
ionisierten Teilchen ausgesetzt sind, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das makroskopische Brennverhalten des  
Plasmas von der lokalen Ätzwirkung auf die Substrate  
abgekoppelt wird.
- 15
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Substrate (9) während des Ätzens je einem  
lokalen Magnetfeld mit zu den elektrischen Feldli-  
nien senkrecht verlaufenden Feldlinien und/oder  
einem lokalen Magnetfeld mit zu den elektrischen  
Feldlinien parallel verlaufenden Feldlinien aus-  
gesetzt sind.
- 20
8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß beim Ätzen eines überwiegend chemisch ätzbaren  
Material in Gegenwart eines überwiegend physika-  
lisch ätzbaren Materials die Substrate (9) über  
die Ebene der Kathodenoberfläche angehoben werden.
- 25
- 30
- 35

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Substrate (9) über die Ebene der Kathoden-  
oberfläche so hoch angehoben werden, daß sie sich  
5 oberhalb des Dunkelraums über der Kathodenoberflä-  
che befinden.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 daß bei einem Abstand zwischen Kathode (3) und  
Anode (2) von ungefähr 8 cm die Substrate unge-  
fähr 20 mm über die Kathodenoberfläche angehoben  
werden.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Silicium in Gegenwart von Siliciumdioxid mit-  
tels eines Helium und Chlor enthaltenden Gemisches  
geätzt wird.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Silicium in Gegenwart von Siliciumdioxid bei  
einem Gasfluß von 50 ml Helium und 5 ml Chlor pro  
25 Minute, einen Druck in der Reaktionskammer von unge-  
fähr 1,3  $\mu$ bar, einer HF-Leistung von 1000 Watt und  
unter Anlegung mindestens eines Magnetfeldes,  
dessen magnetischer Fluß in der Größenordnung von  
5 x 10<sup>-2</sup> T liegt, geätzt wird.

FIG.1

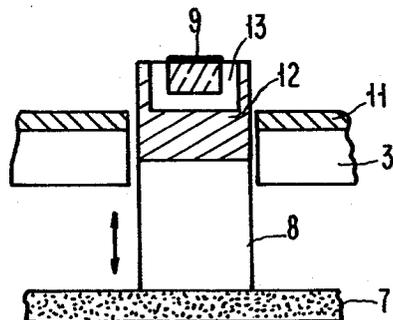
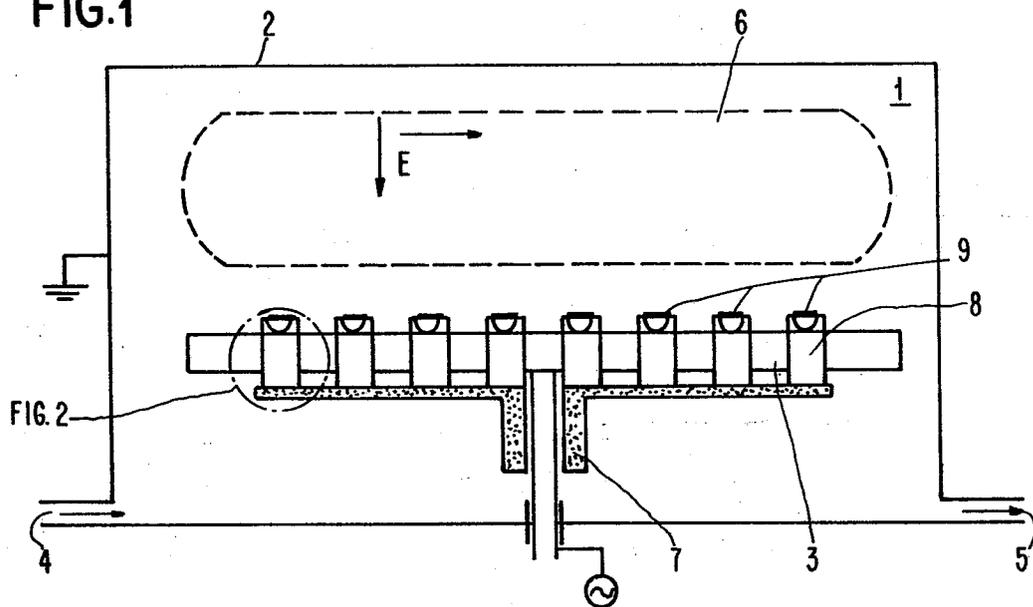


FIG. 2



EP 82102719.0

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 82102719.0
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
A	EP - A2 - 0 003 020 (INTERNATIONAL MACHINES CORPORATION) * Anspruch 1; Fig. 1 * --	1	C 23 C 15/00// H 01 L 21/203
Y	CH - A - 551 498 (BALZERS PATENT- UND BETEILIGUNGS-AKTIENGESELLSCHAFT) * Ansprüche; Fig. * --	1,3	
Y	CH - A - 682 754 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) * Spalte 2, 3. Absatz; Fig. 1; Ansprüche * --	1,3	
A	DE - A1 - 2 722 708 (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE) * Ansprüche; Fig. 1 * ----	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)  C 23 C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 17-11-1982	Prüfer SLAMA
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	